



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**CARACTERÍSTICAS DEL SISMO DE BARRANCA - DATEM DEL MARAÑÓN
DEL 03 DE FEBRERO 2022 (M6.8) Y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO
(Provincia del Datem del Marañón - Región Loreto)**

Informe Técnico N°006-2022/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Febrero, 2022

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Informe Técnico

Características del sismo de Barranca - Datem del Marañon del 03 de febrero 2022 (M6.8)
y niveles de sacudimiento del suelo

Autores

Hernando Tavera
Cristian Mamani
Arturo Mercado

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

**CARACTERÍSTICAS DEL SISMO DE BARRANCA - DATEM DEL
MARAÑÓN DEL 03 DE FEBRERO 2022 (M6.8) Y NIVELES DE
SACUDIMIENTO DEL SUELO**

Lima – Perú
Febrero, 2022

RESUMEN

El 03 de febrero 2022, en el distrito de Barranca, provincia de Datem del Marañón, región Loreto ocurre un sismo de magnitud M6.8 a una profundidad de 139 km, llegando a ser percibido el sacudimiento del suelo en un radio de 600 km. Este sismo tuvo su origen en el proceso de deformación interna de la placa de Nazca que se desplaza por debajo del continente.

Las mayores aceleraciones del suelo fueron registradas en las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto, dentro de un área de radio igual a 200 km. Los valores de aceleración máxima del suelo oscilaron entre 58 a 98 cm/seg²; es decir, un 40 a 50% menor al sacudimiento producido durante la ocurrencia del sismo de Datem del Marañón del año 2021 (M7.5)

En una área cercana a la zona epicentral, este evento sísmico incrementó los daños en las viviendas afectadas por el sismo del 28 de noviembre 2021 (M7.5) ocurrido en la misma provincia de Datem del Marañón.

INDICE

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

2.- EL SISMO DE BARRANCA - DATEM DEL MARAÑÓN

2.1.- Parámetros hipocentrales

2.2.- Orientación de la fuente

2.3.- Intensidades

3.- SACUDIMIENTO DEL SUELO

3.1.- Sismo del 28 noviembre 2021

3.2.- Daños y efectos asociados

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

1.- INTRODUCCIÓN

En el borde occidental de Perú se desarrolla el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1999), siendo el mismo responsable de la actual geodinámica y geomorfología presente sobre todo el territorio peruano. En general, este proceso es responsable de la ocurrencia de sismos de diversa magnitud y focos ubicados a variadas profundidades, todos asociados al proceso de fricción de placas (oceánica y continental), deformación interna de la placa oceánica por debajo de la corteza continental y deformación cortical a niveles superficiales.

En el caso del Perú (Figura 1), la ocurrencia de sismos es continua en el tiempo y cada año, se registra y reporta un promedio de 900 sismos que producen, en superficie, variados niveles de sacudimiento del suelo. Los sismos con magnitud mayor a $M \geq 7.0$, son menos frecuentes y cuando ocurren cerca de la superficie, debido a la fricción de placas, producen importantes daños en áreas relativamente grandes, tal como sucedió en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 (M8.2) y en Pisco, el 15 de Agosto de 2007 (M8.0). Los sismos con origen en los procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales son menos frecuentes, pero cuando ocurren, producen daños de consideración en áreas relativamente pequeñas, por ejemplo los sismos del Alto Mayo (San Martín) del 30 de Mayo de 1990 y 5 de Abril de 1991, ambos con magnitudes de M6.0 y M6.5.

Los sacudimientos del suelo debido a la ocurrencia de sismos con foco intermedio, pocas veces son percibidos en superficie, pero cuando alcanzan magnitudes ≥ 6.0 presentan un gran radio de percepción y algunas veces, producen daños en viviendas de adobe y procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos de tierra y piedras en zonas de gran pendiente. Este es el caso por ejemplo del sismo de Lagunas del 2019 que con una magnitud de M8.0 fue percibido hasta distancias del orden de 1000 km (Tavera et al, 2021).

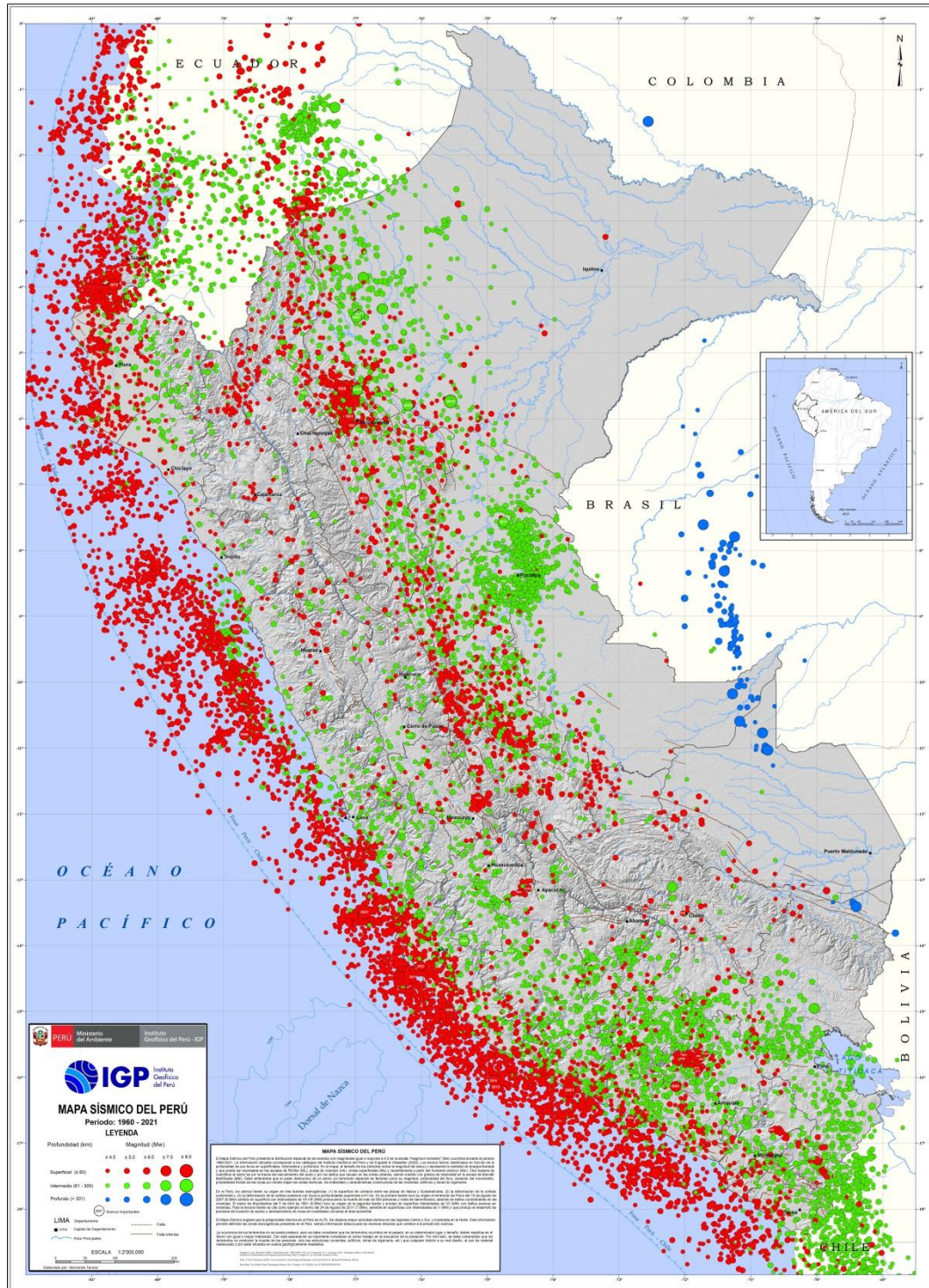


Figura 1.- Mapa Sísmico del Perú para el periodo 1960 y 2021. La magnitud de los sismos es diferenciado por el tamaño de los círculos y la profundidad de sus focos por el color de los mismos. Los círculos con número inscrito en su interior indican el año de ocurrencia de los sismos de elevada magnitud.

En el distrito de Barranca, provincia del Datem del Marañón de la región Loreto, el día 03 de febrero del 2022 ocurre un sismo de magnitud M6.8 a una profundidad de 139 km (foco intermedio) generando intensidades de VI (MM) en las ciudades de Santa María de Nieva (Amazonas) y Barranca (Loreto). En este informe se presenta los parámetros hipocentrales del sismo, la orientación de la fuente sísmica, intensidades evaluadas y los niveles de sacudimiento del suelo en las regiones norte y centro del Perú.

2.- EL SISMO DE BARRANCA - DATEM DEL MARAÑÓN

2.1.- Parámetros hipocentrales

Los parámetros hipocentrales del sismo ocurrido el 03 de febrero 2022, con epicentro en el distrito de Barranca, provincia de Datem del Marañón (Loreto), fueron reportados por el Centro Sismológico Nacional (CENSIS), administrado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), utilizando datos provenientes de las estaciones sísmicas que integran la Red Sísmica Nacional (RSN). Los valores obtenidos son (Figura 2):

Tiempo Origen: *15h 58min del 03 de febrero, 2022 (Hora Universal)*
10h 58min del 03 de febrero, 2022 (Hora Local)

Latitud Sur: *04.49°*

Longitud Oeste: *77.06°*

Profundidad: *139 km*

Magnitud: *M6.8*

Epicentro: *A 90 km al Este de Santa Maria de Nieva - Amazonas*
A 55 km al NO de Barranca – Loreto

Intensidad Máxima: *VI (MM) localidades de Santa Maria de Nieva*
(Amazonas) y Barranca (Loreto).

En la Figura 2a se presenta la ubicación del epicentro del sismo de Barranca - Datem del Marañón junto a los epicentros correspondientes a los sismos reportados por el CENSIS para el periodo 1960 a 2021. De acuerdo a su ubicación, el sismo de foco intermedio ocurrió en la zona nor-oriental de la región norte del Perú; es decir, en una franja que se inicia en el Ecuador hasta la ciudad de Pucallpa, donde la actividad sísmica a profundidades intermedias (círculos de color verde) es muy frecuente con la ocurrencia de un buen número de sismos con magnitudes mayores a M7.0.

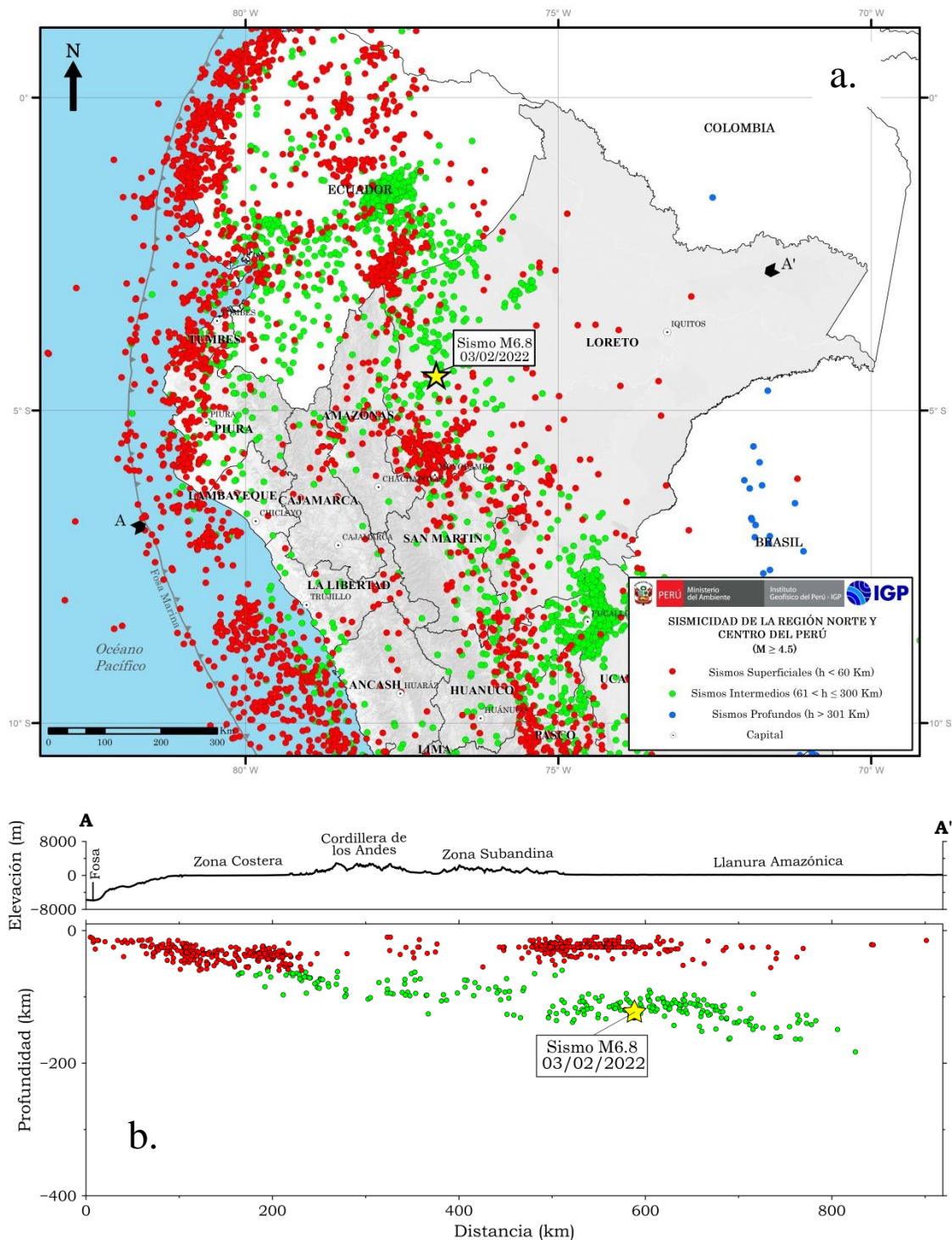


Figura 2: a) Distribución espacial de la sismicidad en la región norte del Perú. La profundidad a la cual ocurren los sismos es indicada con el color del círculo. La estrella indica la ubicación del sismo de Barranca - Datem del Marañón. b) En la sección vertical NE-SO se muestra el hipocentro del sismo sobre la tendencia media de la sismicidad en profundidad para la región norte del Perú.

Asimismo, según la sección vertical de la Figura 2b, en profundidad, el sismo de Barranca - Datem del Maraón se ubica dentro de la tendencia media de la sismicidad definida para esta región; es decir, los focos sísmicos se distribuyen, desde la fosa, sobre un plano inclinado con un ángulo de 30° hasta una profundidad de 120 km, para luego continuar su distribución de manera casi horizontal hasta distancias de 800 km desde la fosa (Tavera y Buforn, 2001; Bernal y Tavera, 2002).

Por otro lado, la distribución espacial de la sismicidad en profundidad en todo el Perú, ha permitido configurar la geometría de la placa de Nazca dentro del proceso de subducción, tal como se observa en la Figura 3. Según la figura, en las regiones centro y norte, la placa de Nazca se introduce por debajo del continente hasta una profundidad de 120 km para luego desplazarse de manera casi horizontal; mientras que, en la región sur, lo hace de manera continua hasta los 350 km de profundidad. Estas tendencias de sismicidad y geometrías de la subducción fueron ya descritas por Stauder (1975), Cahill y Isacks (1991), Tavera y Buforn (2001).

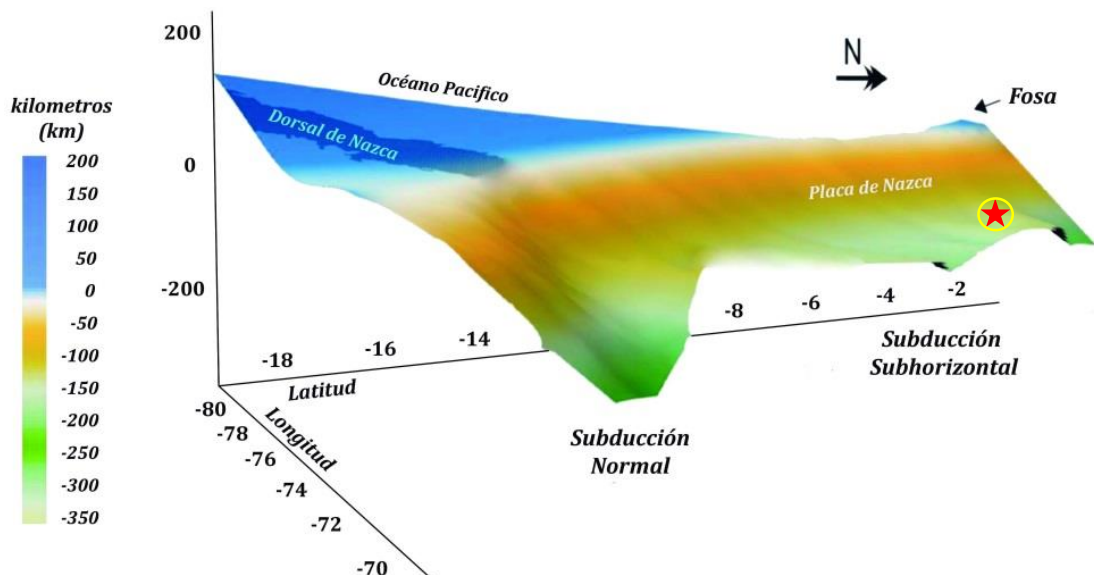


Figura 3. Geometría de la placa de Nazca en el proceso de subducción en Perú. La estrella indica la ubicación aproximada del hipocentro del sismo de Barranca - Datem del Maraón del 03 de febrero 2022 (M6.8).

2.2.- Orientación de la Fuente

La orientación preliminar para el proceso de ruptura del sismo de Barranca - Datem del Maraón del 03 de febrero de 2022 (M6.8), fue obtenida a partir de la inversión de ondas de volumen y publicada por la USGS de los EEUU. La orientación para la fuente o mecanismo focal (esfera de mayor tamaño en la Figura 4), es del tipo normal con planos nodales orientados en dirección NNO-SSE y eje de extensión (T) en dirección ENE-OSO. El mecanismo de la fuente indica el desarrollo de un proceso de ruptura por extensión, coherente con el tipo de deformación que se produce en el interior de la placa oceánica por debajo de la cordillera de los Andes y a niveles de profundidad intermedia.

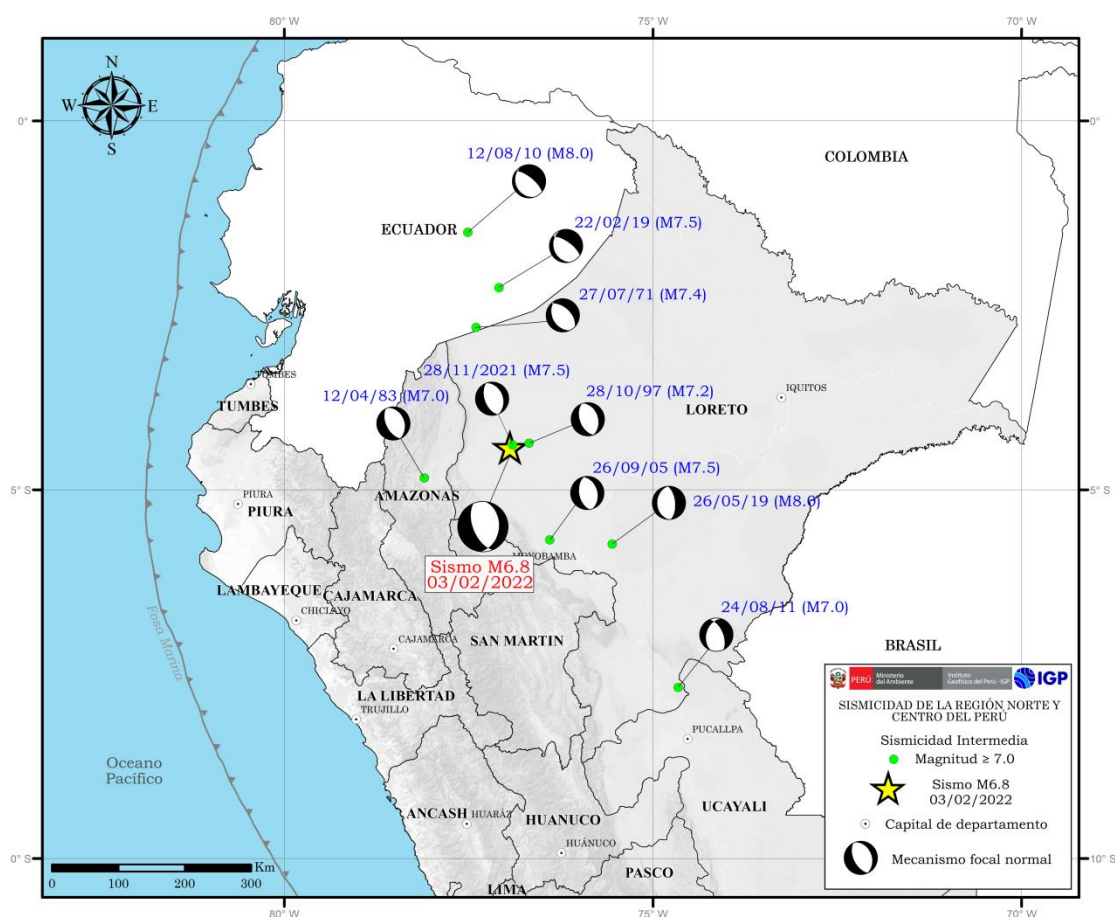


Figura 4: Mecanismos focales obtenidos por diversos autores para sismos con magnitudes ≥ 7.0 ocurridos en la región norte de Perú y el Ecuador desde 1970 a la fecha. La esfera de mayor tamaño corresponde al sismo de Barranca - Datem del Maraón del 03 de febrero de 2022 (M6.8).

En la Figura 4 se muestra los mecanismos focales para sismos con magnitudes igual o mayor a M7.0 obtenidos por diversos autores y ocurridos desde el año 1970 a la fecha, en el borde nor-oriental de la región norte del Perú, incluyendo Ecuador. Todos estos sismos ocurrieron a profundidades entre 100 y 148 km, y presentan en conjunto soluciones similares para el mecanismo focal o proceso de ruptura, lo cual demuestra que la deformación a estos niveles de profundidad es homogénea (Tabla 1). De estos sismos, el de mayor magnitud ocurrió en el año 2019 (M8.0) cerca de la localidad de Lagunas (Loreto) a una profundidad de 140 km; mientras que, el último ocurrió en la provincia de Datem del Marañón (Loreto) el 28 de noviembre del 2021 con una magnitud de M7.5 (Tavera et al 2021).

Tabla 1.- Principales sismos de foco intermedio ocurridos en la región norte del Perú

Fecha	Magnitud	Profundidad	Localidad
27 julio, 1971	7.4	120	Perú-Ecuador
28 octubre, 1997	7.2	115	Loreto
12 abril, 1993	7.0	125	Amazonas
24 setiembre, 2005	7.5	120	Yurimaguas
24 agosto, 2010	7.0	148	Contamaná
26 mayo, 2019	8.0	140	Lagunas
28 noviembre, 2021	7.5	131	Datem del Marañón

2.3.- Intensidades

Después de ocurrido el sismo de Barranca - Datem del Marañón, se procedió a realizar la evaluación de los efectos, daños y radio de percepción del sismo en todo el territorio peruano. Las evaluaciones fueron realizadas por profesionales del Centro Sismológico Nacional (CENSIS) del IGP mediante encuestas vía línea telefónica a dos o tres personas de las ciudad y/o localidades mayores de cada región y la información obtenida fue interpretada utilizando la escala de Mercalli Modificada (Figura 5). La descripción más resaltante se detalla a continuación:

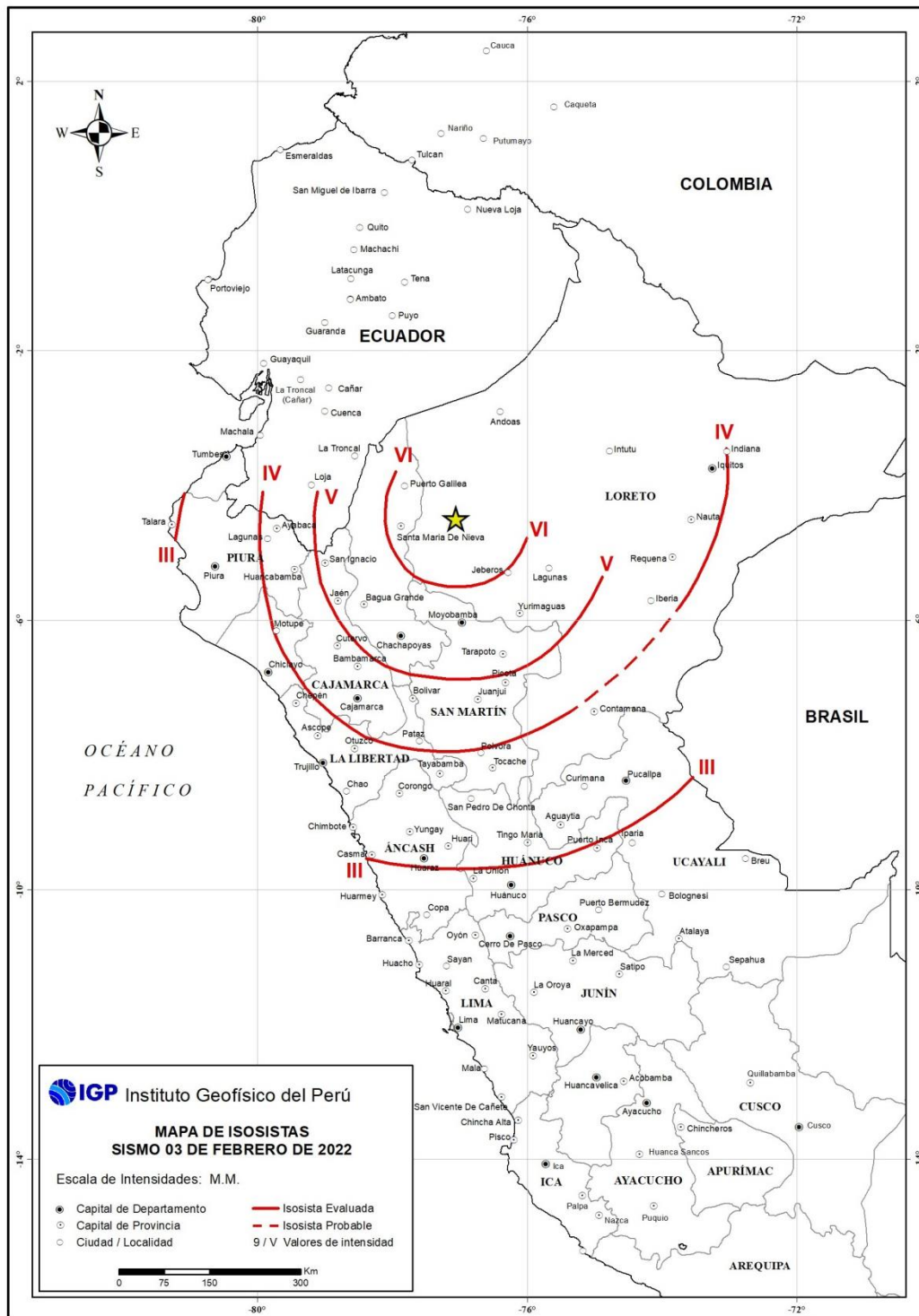


Figura 5: Mapa preliminar de intensidades en la escala Mercalli Modificada para el sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero de 2022 (M6.8). La estrella indica la ubicación del epicentro del sismo.

- .- Ciudades y localidades de Santa María de Nieva y Barranca: *El sacudimiento del suelo fue largo y sentido fuerte por toda la población y por ello, salieron rápidamente a las calles. En viviendas vibraron puertas y ventanas. Se incrementaron los daños en viviendas afectadas por el sismo del 28 de noviembre 2021 (M7.5). La intensidad evaluada fue de VI en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de San Ignacio, Bagua, Chachapoyas, Nueva Cajamarca, Moyobamba, Saposoa, Tarapoto, Yurimaguas, Lagunas y Andoas: *El sacudimiento del suelo fue sentido fuerte por la población. Muchas personas salieron a las calles. En viviendas vibración de puertas y ventanas La intensidad evaluada fue de V en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de Ayabaca, Chulucanas, Cajamarca, Juanjuí, Iquitos y Requena: *El sacudimiento del suelo fue prolongado, obligando a muchas personas a salir a las calles. La intensidad evaluada fue de IV en la escala de Mercalli Modificada.*

- .- Ciudades y localidades de Tumbes, Piura, Chiclayo, Trujillo, Cajabamba, Tocache, Contamana, Huánuco y Pucallpa *El sacudimiento del suelo fue moderado y percibido por varias personas. La intensidad evaluada fue de III en la escala de Mercalli Modificada.*

Según el REPORTE N° 968 - 3/2/2022 / COEN - INDECI / 14:00 HORAS (Reporte N° 3) publicado por INDECI, muchas viviendas dañadas por el sismo del 28 de noviembre 2021 (M7.5) ocurrido en la misma zona epicentral, incrementaron sus daños haciéndolas prácticamente inhabitables. Tal es el caso de las viviendas ubicadas en las provincias de Bongará, Luya, Chachapoyas y Octubamba de la región Amazonas.

3.- NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO

Durante el sismo de Barranca - Datem del Marañón, la Red Sísmica Nacional registro el sacudimiento del suelo en varias estaciones de aceleración y velocidad distribuidas en las regiones centro y norte del Perú. Estos datos fueron analizados y procesados, y la información obtenida fue completada con la publicada por el CISMID de la Universidad de Ingeniería y el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), logrando construir una base de datos homogénea que permitió conocer los niveles de sacudimiento del suelo como producto de la ocurrencia del sismo del 03 de febrero 2022 (M6.8). En la Figura 6 se presenta los mapas de aceleraciones correspondientes a las componentes horizontales y verticales registradas en cada estación acelerométrica; es decir, componente norte-sur (NS), este-oeste (EO) y vertical (Z), siendo sus principales características las siguientes:

- **Componente Norte-Sur:** las mayores aceleraciones del suelo se habrían producido en el entorno de Santa María de Nieva (Amazonas) y Barranca (Loreto). Aquí, las aceleraciones del suelo fueron del orden de 58 a 98 cm/seg² (Figura 6.a).
- **Componente Este-Oeste:** las mayores aceleraciones del suelo se registraron entre el borde occidental de la región Loreto, Amazonas y San Martín. Aquí, las aceleraciones del suelo fluctuaron entre 51 a 76 cm/seg² (Figura 6b).
- **Componente Vertical:** las mayores aceleraciones del suelo se registraron en el entorno del epicentro con valores de hasta 47 cm/seg² (Figura 6c).

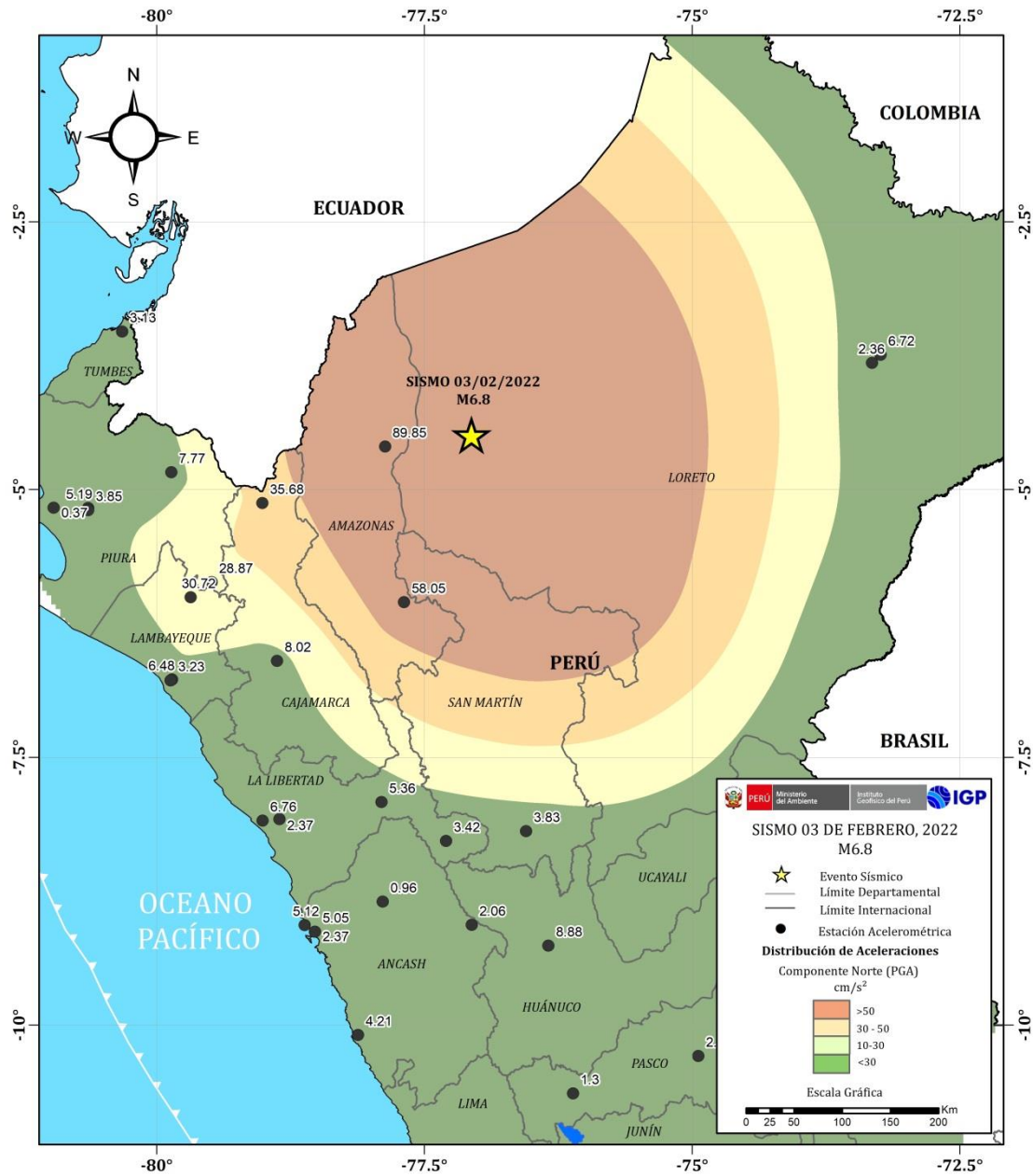


Figura 6.a: Aceleraciones del suelo registradas en la componente norte-sur (NS) debido al sismo de Barranca - Datem del Maraón del 03 de febrero 2022 (M6.8)

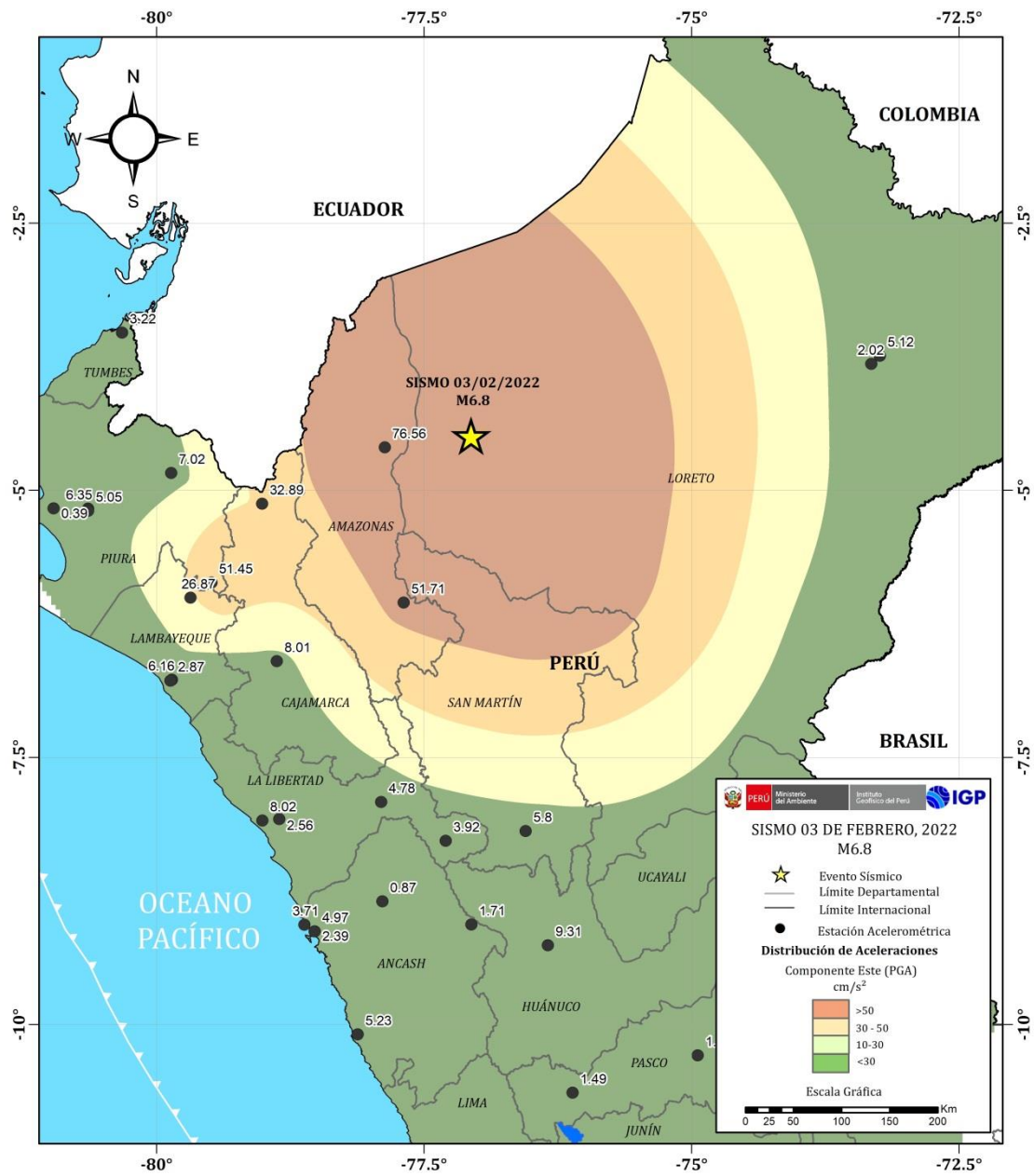


Figura 6b: Aceleraciones del suelo registradas en la componente este-oeste (EO) debido al sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero 2022 (M6.8)



Figura 6c: Aceleraciones del suelo registradas en la componente vertical (Z) debido al sismo de Barranca - Datem del Maraón del 03 de febrero 2022 (M6.8)

En general, los niveles de sacudimiento del suelo producidos por el sismo de Barranca - Datem del Marañón (M6.8), fueron muy variados y ellos dependieron de la calidad de los suelos sobre los cuales se encuentran las áreas urbanas. Es decir, la variada percepción del sacudimiento del suelo se refleja en los diferentes valores de aceleración registrados en las estaciones acelerométricas distribuidas en las regiones centro y norte del país.

3.1.- Sismo del 28 de noviembre 2021

El 28 de noviembre de 2021, en la provincia de Datem del Marañón ocurrió otro sismo de magnitud M7.5 y foco ubicado a una profundidad de 131 km. El sacudimiento del suelo producido por este sismo fue percibido hasta en la ciudad de Lima durante un tiempo prolongado. Según Tavera et al (2021), el sismo produjo aceleraciones máximas del suelo del orden de 100 a 195 cm/seg² en las regiones de Amazonas, San Martín y borde occidental de la región Loreto (Figura 7), produciendo en superficie el desarrollo de procesos de licuación de suelos, deslizamientos y sobre todo, daños importantes en viviendas construidas con adobe y techos de madera.

Al comparar los valores de aceleración del suelo producidos por el sismo del 03 de febrero 2022 (M6.8), con los correspondientes al sismo de Datem del Marañón del año 2021 (M7.5), se puede observar, por ejemplo en su componente de registro NS (Figuras 6a y 7), que la aceleración del suelo es prácticamente un 40 a 50% menor, coherente con las diferencias en sus magnitudes y que además, explicaría la ausencia de daños en viviendas y el desarrollo de procesos de licuación de suelos, tal como ocurrió con el sismo del año 2021 (M7.5).

3.2.- Daños y efectos asociados

De acuerdo al REPORTE N° 968 - 3/2/2022 / COEN - INDECI / 14:00 HORAS (Reporte N° 3) de INDECI, el poco número de viviendas dañadas por

el sismo de Barranca – Datem del Marañón se debió porque dichas viviendas, ya presentaban daños estructurales producidos por el sismo del año 2021. A la fecha no se ha identificado el desarrollo de procesos de licuación de suelos y/o deslizamientos en superficie.

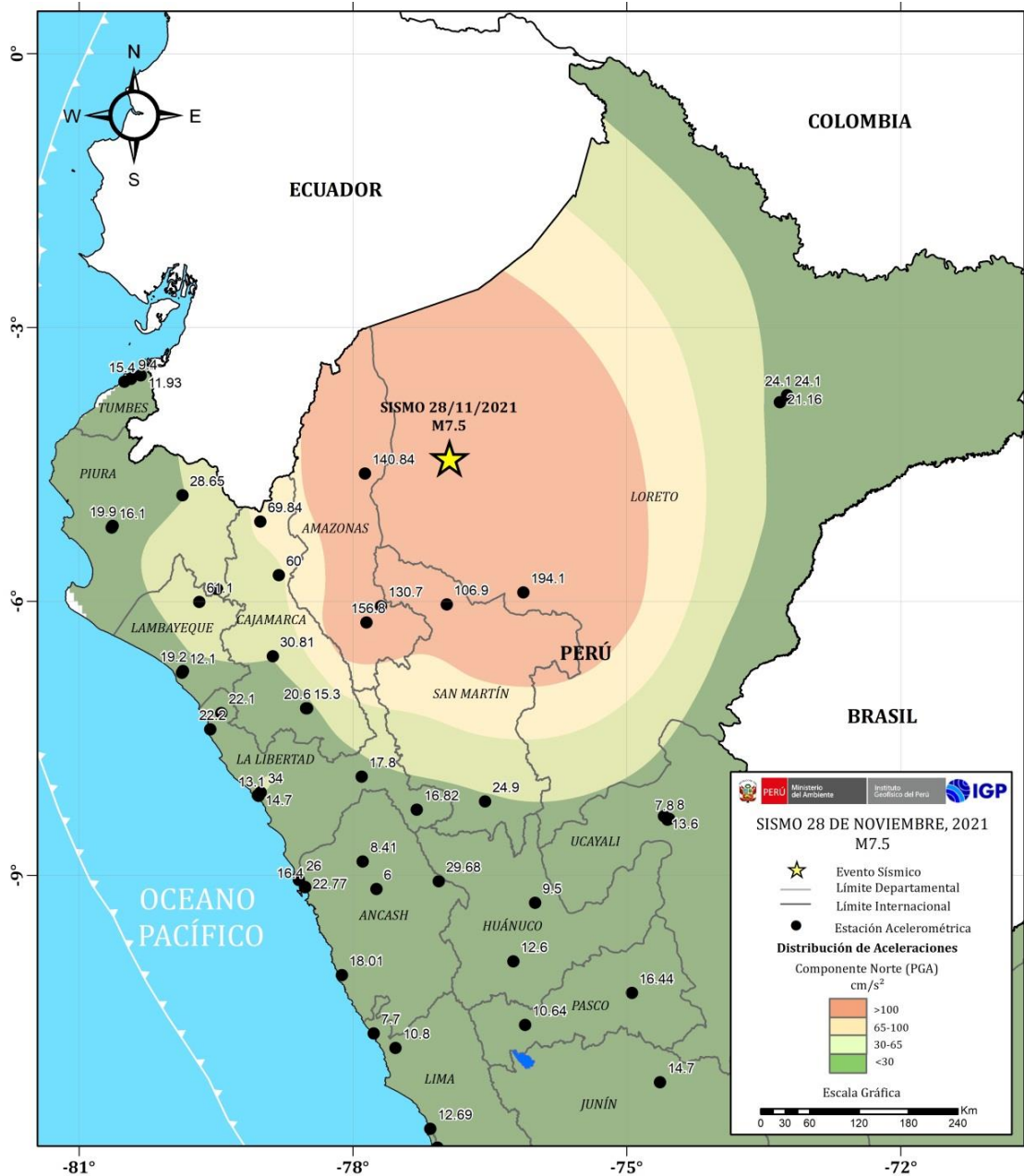


Figura 7: Aceleraciones del suelo registradas en la componente de norte-sur (NS) debido al sismo del Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5).

4.- INTERPRETACIÓN SISMOTECTÓNICA

A diferencia de la región sur de Perú, en la región norte la distribución de los focos sísmicos en función de su profundidad, permite observar lo siguiente (Figura 8):

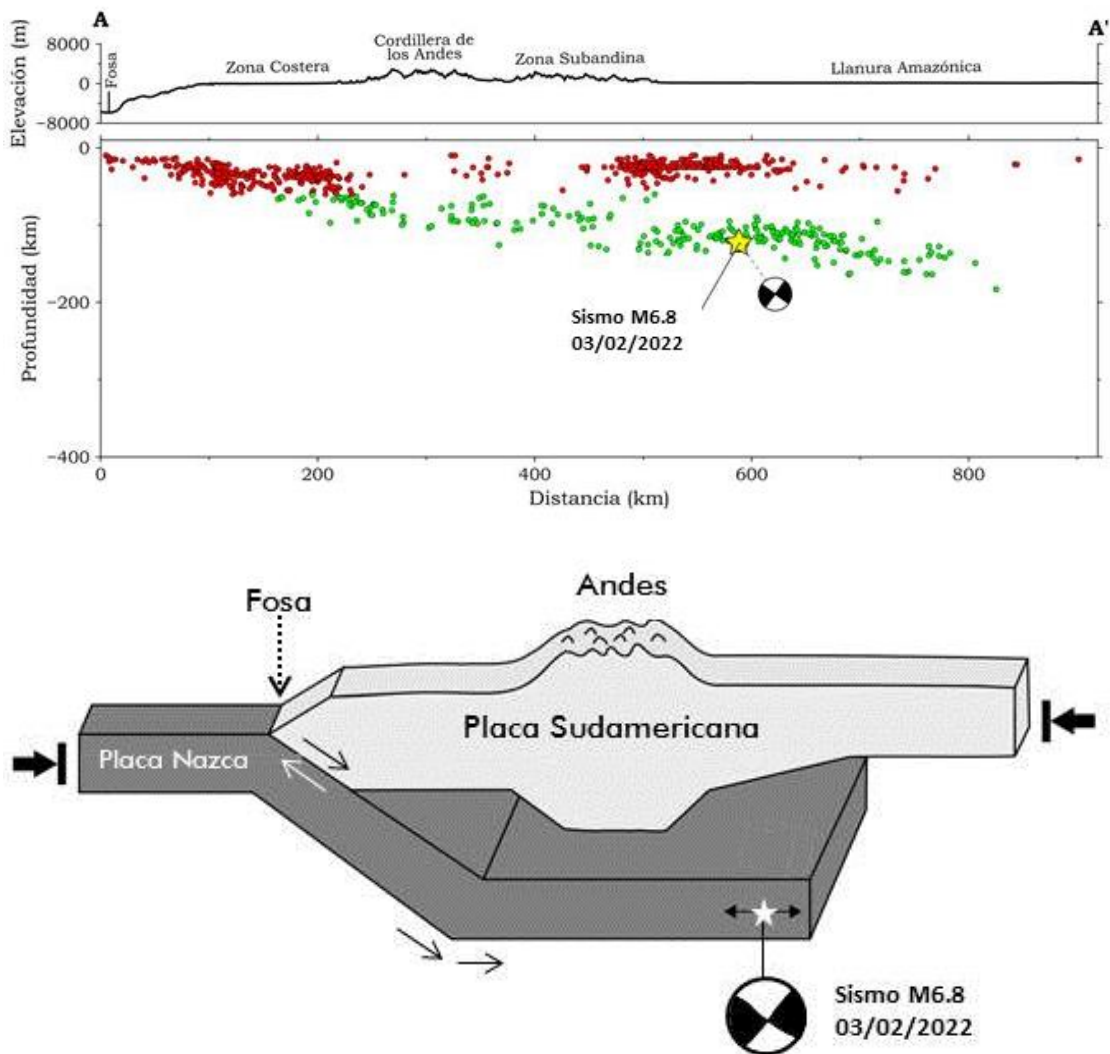


Figura 8: Distribución de los focos sísmicos en profundidad para la región norte del Perú y esquema que muestra la convergencia de placas. La estrella indica la ubicación del foco del sismo de Barranca - Datem del Marañón y la esfera, indica el mecanismo focal que describe el desarrollo de procesos de ruptura de tipo extensional. Las flechas delgadas indican la dirección de movimiento local de las placas y las gruesas, la dirección de las fuerzas de compresión regional.

- los sismos siguen un alineamiento promedio, desde la fosa, con una pendiente del orden de 30° hasta alcanzar una profundidad de 120 km y a partir de este nivel, la sismicidad se distribuye de manera horizontal hasta una distancia de 800 km aproximadamente desde la línea de costa.
- Desde la fosa hasta la línea de costa, los sismos se originan por la fricción de placas y por debajo de 70 km en promedio, los sismos se producen debido a la deformación interna de la placa de Nazca.
- De acuerdo a lo indicado, la distribución de los sismos en profundidad permite configurar la geometría de la placa de Nazca dentro del proceso conocido como subducción, tal como se observa en el esquema de la Figura 8.

El sismo de Barranca - Datem del Marañón del 03 de febrero – 2022 (M6.8), ocurrió a una profundidad de 139 km y a una distancia desde la fosa de 600 km; por lo tanto, tuvo su origen en la deformación interna de la placa de Nazca debido a las fuerzas producidas por las corrientes de convección que la movilizan en dirección Este y que tira de ella hacia el interior del manto. Esta interpretación es coherente con el tipo de mecanismo focal obtenido para su fuente: falla normal con planos orientados en dirección NNO-SSE, estando el eje de tensión orientado en dirección ENE, similar a la dirección de movimiento de la placa de Nazca por debajo del continente.

De acuerdo a la distribución de intensidades y al radio de sacudimiento del suelo, se debe aceptar que la energía liberada a una profundidad de 139 km, prácticamente al llegar a la parte inferior de la corteza, la golpea con tal fuerza que el sacudimiento del suelo es percibido hasta distancias de 600 km desde el epicentro.

Históricamente, en la región nor-oriental del Perú, es común la ocurrencia de sismos de diversas magnitudes a dos niveles de profundidad:

- En el primer nivel se encuentran los sismos que ocurren a profundidades menores a 30 km, todos asociados a la reactivación de las diversas fallas tectónicas presentes en la región, por ejemplo el sistema de fallas de Moyabamba - Rioja. Estas fallas produjeron los sismos de 1990 y 1991 (M6.0-M6.5) que ocasionaron muerte y destrucción en diversas ciudades y localidades ubicadas en el extremo norte de la región de San Martín (Tavera et al, 2001).

- En el segundo nivel de profundidad, entre 100 y 150 km en promedio, ocurren sismos con origen en la deformación interna de la placa de Nazca en respuesta a las fuerzas que guían su ingreso al interior del manto. En el borde nor-oriental del Perú, es frecuente la ocurrencia de sismos a estos niveles de profundidad, generando en superficie procesos de licuación de suelos, deslizamientos y daños en viviendas; y lo más importante, el sacudimiento del suelo es percibido a distancias mayores a 500 km. Un ejemplo son los sismos ocurridos en el año 2010 cerca de la ciudad de Contamán (M7.0), en el año 2019 cerca de Lagunas (M8.0) y el ocurrido el año 2021 en la provincia de Datem del Marañón (M7.5).

CONCLUSIONES

- El 03 de febrero 2022, ocurre un sismo de magnitud M6.8 y profundidad intermedia (139 km) con epicentro en el distrito de Barranca, provincia del Datem del Maraón, región de Loreto.
- El sismo de Barranca - Datem del Maraón ocurre en una zona donde es frecuente la ocurrencia de sismos con magnitudes elevadas y que han generado en superficie similares daños y efectos secundarios (licuación de suelos, deslizamientos y daños en viviendas de adobe).
- En las regiones de Amazonas, San Martín y Loreto, y dentro de un radio de 200 km desde el epicentro del sismo, se han producido aceleraciones del suelo mayores a 50 cm/seg², siendo la máxima aceleración del orden de 98 cm/seg² (componente NS) en la ciudad de Santa María de Nieva (Amazonas).
- En comparación con el sismo de Datem del Maraón del año 2021 (M7.5), el sacudimiento del suelo fue entre un 40 a 50% menor, siendo coherente con las diferencias entre sus magnitudes y radio de percepción.
- Este sismo incremento parcialmente los daños en viviendas que fueron afectadas por el sismo del 28 de noviembre 2021 (M7.5),

BIBLIOGRAFIA

- Bernal, I. y Tavera, H (2002). *Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú*. Monografía, IGP, Lima-Perú, 63 pp.
- Cahill, T. and B. Isacks (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *JGR*, <https://doi.org/10.1029/92JB00493>
- CISMID-SENCICO-UNI (2021) *Aceleraciones del Sismo de Sta. Maria Nieva del 03 febrero de 2022*. Informe.
- De Mets, C., Gordon, R., Aarhus, A., y Stein, S. (1980). Current plate motions. *Geophys. J. Int.*, 101, 425-478.
- INDECI (2022). REPORTE N° 968 - 3/2/2022 / COEN - INDECI / 14:00 HORAS (Reporte N° 3) de INDECI.
- Norabuena, E., Dixon, T., Stein S. y Harrison, C. (1999). Decelerating Nazca _ South America and Nazca-Pacific plate motions. *Geophys. Res. Lett.* 26, 3405-3408.
- Stauder, W. (1975). Subduction of the Nazca Plate under Peru as evidenced by focal mechanisms and by seismicity. *JGR*, <https://doi.org/10.1029/JB080i008p01053>
- Tavera, H., Mamani, C., Mercado, A. (2021). Sismo de Datem del Marañón del 28 de noviembre 2021 (M7.5) y niveles de sacudimiento del suelo. Informe Técnico N°040-2021/IGP Ciencias de la Tierra Sólida, IGP.
- Tavera, H., Delouis, B., Mercado, A., D. Portugal (2021). Loreto Intermediate Depth Earthquake of 26 May 2019 (Northeast Peru): Source Parameters by Inversion of Local to Regional Waveforms and Strong-Motion Observations. *Seismol. Res. Lett.* XX, 1–11, doi: 10.1785/0220200459.
- Tavera, H. y Buforn, E. (2001). Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of Seismology*, 5, 519-540.

